



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | |
|---|---|---|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01F 1/68, G01L 9/06, 9/12</p> | <p>A1</p> | <p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/21986</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 19. Juni 1997 (19.06.97)</p> |
| <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH96/00396</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 11. November 1996 (11.11.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 3469/95 8. December 1995 (08.12.95) CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MI-CRONAS SEMICONDUCTOR S.A. [CH/CH]; Chemin Chapons-des-Près, CH-2022 Bevaix (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TRAUTWEILER, Stephan [CH/CH]; Weissenbergweg 4, CH-4802 Strengelbach (CH). STAHL, Jürg [CH/CH]; Schönholzweg 29, CH-8409 Winterthur (CH).</p> <p>(74) Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO; Hedwigsteig 6, Postfach 768, CH-8029 Zürich (CH).</p> | <p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Mit geänderten Ansprüchen.</i></p> | |
| <p>(54) Title: MICROSENSORS WITH SILICON MEMBRANES AND METHOD OF MANUFACTURING SUCH SENSORS</p> <p>(54) Bezeichnung: MIKROSENSOREN MIT SILIZIUMMEMBRANEN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DERSELBEN</p> <p>(57) Abstract</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1; padding-right: 10px;"> <p>The invention concerns a method of manufacturing a microsensor from a single-crystal silicon wafer (1) and a substrate (11), the method consisting of the following steps: electronic functional units (3) are mounted on the inside surface (2) of the wafer (1); spacers (10) are produced, for instance by making recesses (13) in the substrate (11); holes (14) are made in the substrate (11); the wafer (1) is connected to the substrate (11) so that the inside surface (2) of the wafer faces towards the substrate; the wafer (1) is reduced in thickness from the outside (4), thus forming a thin silicon membrane (6); the individual sensors thus produced are separated from each other; these sensors are mounted on fixed components (7); electrical connection means (8) are applied through the holes (14). A microsensor manufactured in this way makes optimum use of the sensor surface since almost the whole detector surface is available for the silicon membrane (6). In addition, it meets the two following requirements: separation of the processed inside surface (2) of the membrane from the test medium and flush mounting of the sensor.</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> </div> </div> | | |

(57) Zusammenfassung

Das Verfahren zur Herstellung eines Mikrosensors aus einer einkristallinen Siliziumscheibe (1) und einem Substrat (11) besteht aus den folgenden Verfahrensschritten: Aufbringen von elektronischen Funktionseinheiten (3) auf der Innenseite (2) der Siliziumscheibe (1); Herstellung von Abstandshaltern (10), beispielsweise durch Herausformen von Vertiefungen (13) aus dem Substrat (11); Herstellung von Löchern (14) im Substrat (11); Verbinden der Siliziumscheibe (1) mit dem Substrat (11) derart, dass die Innenseite (2) der Siliziumscheibe dem Substrat zugewandt ist; Dickenreduktion der Siliziumscheibe (1) von der Aussenseite (4) her, so dass eine dünne Siliziummembran (6) entsteht; Trennen der einzelnen Sensor-Zwischenprodukte; Unterbringen der Sensor-Zwischenprodukte auf feste Baugruppen (7); Anbringen von elektrischen Verbindungsmitteln (8) durch die Löcher (14) hindurch. Ein nach diesem Verfahren hergestellter Mikrosensor nutzt die Sensorfläche optimal, weil praktisch die gesamte Sensorfläche für die Siliziummembran (6) zur Verfügung steht. Er vereinigt zudem die beiden Anforderungen der Trennung der prozessierten Siliziummembraninnenseite (2) vom zu messenden Medium und des flächenbündigen Einbaus.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AM | Armenien | GB | Vereinigtes Königreich | MX | Mexiko |
| AT | Österreich | GE | Georgien | NE | Niger |
| AU | Australien | GN | Guinea | NL | Niederlande |
| BB | Barbados | GR | Griechenland | NO | Norwegen |
| BE | Belgien | HU | Ungarn | NZ | Neuseeland |
| BF | Burkina Faso | IE | Irland | PL | Polen |
| BG | Bulgarien | IT | Italien | PT | Portugal |
| BJ | Benin | JP | Japan | RO | Rumänien |
| BR | Brasilien | KE | Kenya | RU | Russische Föderation |
| BY | Belarus | KG | Kirgisistan | SD | Sudan |
| CA | Kanada | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KR | Republik Korea | SG | Singapur |
| CG | Kongo | KZ | Kasachstan | SI | Slowenien |
| CH | Schweiz | LI | Liechtenstein | SK | Slowakei |
| CI | Côte d'Ivoire | LK | Sri Lanka | SN | Senegal |
| CM | Kamerun | LR | Liberia | SZ | Swasiland |
| CN | China | LK | Litauen | TD | Tschad |
| CS | Tschechoslowakei | LU | Luxemburg | TG | Togo |
| CZ | Tschechische Republik | LV | Lettland | TJ | Tadschikistan |
| DE | Deutschland | MC | Monaco | TT | Trinidad und Tobago |
| DK | Dänemark | MD | Republik Moldau | UA | Ukraine |
| EE | Estland | MG | Madagaskar | UG | Uganda |
| ES | Spanien | ML | Mali | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| FI | Finnland | MN | Mongolei | UZ | Usbekistan |
| FR | Frankreich | MR | Mauretanien | VN | Vietnam |
| GA | Gabon | MW | Malawi | | |

MIKROSENSOREN MIT SILIZIUMMEMBRANEN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DERSELBEN

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Mikrosensoren, die mit je mindestens einer Siliziummembran versehen sind, und einen mit einer Siliziummembran versehenen Mikrosensor.

5

Eine Vielzahl von Mikrosensoren, welche mit mikromechanisch hergestellten Siliziummembranen versehen sind, wird heute erfolgreich zum Messen von Gaskonzentration, Durchfluss, Viskosität, Luftfeuchtigkeit, Druck, Schall und anderem mehr eingesetzt. Die Funktion der Siliziummembran besteht darin, 10 erstens Wärmeverluste über die Kontaktstellen zu einem Substrat eines auf der Siliziummembran befindlichen Heizelementes zu reduzieren und zweitens die mechanische Steifigkeit des Wandlers zu verkleinern, beides mit dem Ziel, die Empfindlichkeit des Sensors zu optimieren. Ein Substrat dient als Träger der Siliziummembran und beeinflusst somit wesentlich die mechanische Stabi- 15 lität und die Empfindlichkeit des Sensors auf mechanische Spannungen, welche oft beim Einbau des Sensors in seine Messumgebung auftreten. Eine weitere Funktion des Substrates ist es, die Siliziummembran elektrisch oder thermisch zu isolieren oder aber mit der Umgebung zu kontaktieren.

20

- Ein häufig verwendetes Verfahren zur Herstellung von Sensoren mit dünnen Siliziummembranen ist das anisotrope Ätzen aus einkristallinen Siliziumscheiben. Einkristallines Silizium verfügt über hervorragende mechanische Eigenschaften und lässt sich mit geeigneten Ätzmitteln, beispielsweise Kaliumhydroxid oder Äthylendiamin-Pyrocatechol, anisotrop ätzen. Dadurch können dünne, sehr genau reproduzierbare, mechanisch belastbare Siliziummembranen in Serienfertigung hergestellt werden. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch die schlechte Ausnützung der Sensorfläche. Beim anisotropen Ätzen eines (100)-orientierten Siliziumsubstrates bildet sich nämlich eine Ätzgrube, welche durch schräge (111)-orientierte Wände begrenzt ist. Somit kann nur ein mit zunehmender Siliziumsubstratdicke abnehmender Bruchteil der Sensorfläche für die Siliziummembran genutzt werden. Da in Zukunft immer grössere und somit auch dickere Siliziumscheiben verwendet werden, wird dieses Problem immer wichtiger. Zwar kann die Dicke der Siliziumscheiben vor dem anisotropen Ätzen durch chemische oder mechanische Verfahren reduziert werden; dies erzeugt jedoch Schwierigkeiten im "Wafer-Handling" und führt zu erhöhten Produktionskosten.
- Ein weiteres Problem zeigt sich, wenn eine anisotrop geätzte Siliziummembranstruktur für die Bestimmung einer Durchflussrate von Fluiden eingesetzt wird. Bei dieser Verwendung soll einerseits gewährleistet sein, dass die mit elektronischen Funktionseinheiten versehene ("prozessierte") Seite der Siliziummembran von dem möglicherweise korrosiven Fluid getrennt ist. Somit folgt, dass das Fluid über die nicht-prozessierte Seite der Siliziummembran strömen muss. Andererseits sollte aber der Sensor beim Einbau möglichst keine Unebenheiten gegenüber der Wand des Strömungskanals aufweisen, um die Strömung nicht zu stören und Wirbelbildungen zu vermeiden. Wie bereits erwähnt, entsteht bei der Herstellung von Siliziummembranen durch anisotropes Ätzen auf der nicht-prozessierten Seite der Siliziummembran eine Ätzgrube, welche die Strömung stark stören würde. Somit bietet sich für die Erfül-

lung des flächenbündigen Einbaus nur die prozessierte Seite der Siliziummembran an, was jedoch der ersten Forderung widerspricht.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines mit einer Siliziummembran versehenen Mikrosensors sowie den mit dem Verfahren herstellbaren Mikrosensor anzugeben, dessen Sensorfläche optimal genutzt wird und dessen dem Messignal auszusetzende Siliziummembranaus-
- 10 senseite keine heiklen elektronischen Funktionseinheiten enthält und gleichzeitig eben ist.

- Die Erfindung löst die Aufgabe durch das Verfahren und den Mikrosensor, wie sie in den entsprechenden unabhängigen Patentansprüchen definiert sind.
- 15 Ein weiterer unabhängiger Patentanspruch betrifft ein mit dem erfindungsgemässen Verfahren herstellbares Sensor-Zwischenprodukt.

- Die Grundidee des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, eine Siliziumscheibe so auf ein Substrat aufzubringen, dass ihre prozessierte Seite dem Substrat zugewandt und somit geschützt ist. Die Dicke der Siliziumscheibe kann danach von der Aussenseite her zu einer geringen Siliziummembrandicke reduziert werden.
- 20

- 25 Im folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren detaillierter erläutert. Das Ausgangsmaterial für die Siliziummembran ist - wie bei den bekannten Verfahren - eine einkristalline Siliziumscheibe. Auf deren mindestens eine Seite werden zunächst mit bekannten Prozessen die benötigten elektronischen
- 30 Funktionseinheiten integriert. Es werden Abstandshalter auf einer Seite eines Substrates und/oder einer zu schützenden Seite der Siliziumscheibe ange-

bracht oder aus Substrat und/oder Siliziummembran herausgeformt. Daraufhin werden die Siliziumscheibe und das Substrat derart aneinandergefügt, dass die mindestens eine mit elektronischen Funktionseinheiten versehene Seite der Siliziumscheibe, im folgenden "Innenseite" genannt, dem Substrat zugewandt ist. Die Abstandshalter gewährleisten, dass zwischen Substrat und Silizium-
5 scheibe Hohlräume entstehen. Danach kann die Dicke der gesamten Silizium-
scheibe von der Aussenseite her zu einer geringen Siliziummembrandicke reduziert werden, so dass aus der Siliziumscheibe eine Siliziummembran entsteht. Zuletzt können mit bekannten Verfahren die einzelnen Sensoren von-
10 einander getrennt, in festen Baugruppen untergebracht und mit elektrischen Verbindungsmitteln versehen werden.

Ein erster Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens besteht in der optimalen Nutzung der Sensorfläche. Praktisch die gesamte Sensorfläche kann für
15 die Siliziummembran ausgenutzt werden, weil das Substrat keine hohen, schrägen Ätzwände aufzuweisen braucht. Ein zweiter Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens ergibt sich insbesondere bei seiner Verwendung zur Herstellung von Mikrosensoren, welche Eigenschaften von Fluiden messen.
20 Die erfindungsgemässen Mikrosensoren vereinigen die beiden Anforderungen der Trennung der prozessierten Siliziummembraninnenseite vom Fluid und des flächenbündigen Einbaus. Die Siliziummembranaussenseite weist keine Ätzgruben auf und ist flach. Deshalb kann das Fluid über die Siliziummembranaussenseite strömen, ohne von ihr gestört zu werden, und gleichzeitig ist
25 auch die prozessierte Siliziummembraninnenseite geschützt.

Beim erfindungsgemässen Verfahren weist das Substrat höchstens lokal Löcher auf; es muss nicht das gesamte Material unterhalb der Siliziummembran entfernt werden. Dadurch erhält das Substrat eine erhöhte mechanische Festigkeit und wird somit weniger anfällig auf parasitäre Spannungen, die bei-
30

spielsweise beim Kleben auftreten - ein Problem, das besonders bei Drucksensoren eine wichtige Rolle spielt. Die Möglichkeit, mit dem erfindungsgemässen Verfahren ein Glassubstrat zu verwenden, eröffnet gegenüber herkömmlich anisotrop geätzten Siliziumsubstraten weitere Vorteile: Glas ist
5 ein guter thermischer und elektrischer Isolator, was sich vor allem bei thermischen Sensoren positiv auswirkt.

Verschiedene Varianten des erfindungsgemässen Verfahrens und zum Vergleich auch der Stand der Technik werden anhand der Figuren detailliert
10 beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch einen mit konventionellen Verfahren hergestellten Mikrosensor gemäss dem Stand der
15 Technik,

Fig. 2-8 schematische Querschnitte durch Ausgangs-, Zwischen- und Endprodukte nach verschiedenen Schritten des erfindungsgemässen Verfahrens,
20

Fig. 9 einen schematischen Querschnitt durch einen erfindungsgemässen piezoresistiven Drucksensor,

Fig. 10-13 schematische Querschnitte durch weitere Ausführungsformen von gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Sensor-Zwischenprodukten,
25

Fig. 14 eine schematische Aufsicht auf die Siliziummembraninnenseite eines erfindungsgemässen Durchflusssensors und
30

Fig. 15 eine perspektivische, teilweise offengelegte schematische Ansicht eines erfindungsgemässen, in einen Strömungskanal eingebauten Durchflusssensors.

5 In den Figuren 1-13 sowie 15 stehen aus Darstellungsgründen die Höhen der einzelnen Elemente nicht unbedingt im richtigen Verhältnis zueinander; ebenso entspricht das Verhältnis der Höhen zu den Längen nicht immer den wirklichen Verhältnissen.

10

Figur 1 illustriert den Stand der Technik mit einem Querschnitt durch einen schematisch dargestellten, nach bekannten Verfahren hergestellten Mikrosensor. Als Ausgangsmaterial für einen solchen Sensor wird typischerweise eine einkristalline (100)-orientierte Siliziumscheibe 1 verwendet. In deren eine
15 Seite 2, im folgenden "Innenseite" genannt, werden zuerst die für Speisung, Wandlung, Signalverarbeitung und Ausgabe benötigten elektronischen Funktionseinheiten 3 integriert; dies geschieht durch in der Mikroelektronik übliche Prozesse wie Epitaxie, Oxidation, Photolithographie, Diffusion, Ionenimplantation, Metallisierung etc. Danach wird die Siliziumscheibe von der
20 anderen Seite 4 her, im folgenden "Aussenseite" genannt, an bestimmten Stellen 5 anisotrop bis auf eine gewünschte Dicke t (von typischerweise einigen bis einigen Zehn Mikrometern) heruntergeätzt, beispielsweise mit Kaliumhydroxid (KOH) oder Äthylendiamin-Pyrocatechol (EDP). So entstehen Siliziummembranen 6 mit elektronischen Funktionseinheiten 3 an den Innenseiten
25 2. (Die elektronischen Funktionseinheiten 3 und die Siliziummembran 6 sind in allen Figuren aus didaktischen Gründen im Verhältnis zu den übrigen Elementen übertrieben dick gezeichnet.) Eventuell müssen zusätzlich spezielle Materialien, welche die eigentliche Wandlerfunktion ausüben oder verstärken, auf die Innenseite 2 aufgebracht werden. Zuletzt wird die Siliziumscheibe 1 in
30 die einzelnen Sensoren aufgeteilt; diese werden anschliessend in geeigneten

festen Baugruppen 7 untergebracht und mit elektrischen Verbindungsmitteln 8 versehen.

- 5 Beim anisotropen Ätzen einer (100)-orientierten Siliziumscheibe bildet sich eine Ätzgrube 5, welche durch schräge (111)-orientierte Wände 9 begrenzt ist; ihr Neigungswinkel zur Horizontalen beträgt $\arctan\sqrt{2} = 54.7^\circ$. Somit kann bei einer gegebenen Dicke T der Siliziumscheibe nur ein Teil der Oberfläche für die Siliziummembran 6 genutzt werden. Beispielsweise steht bei einem qua-
- 10 dratischen Sensor der Seitenlänge L mit einer Siliziummembranlänge von $l = 2 \text{ mm}$, einer Ausgangsdicke von $T = 0.6 \text{ mm}$ und einer Siliziummembrandicke $t \ll T$ bloss der Bruchteil

$$l^2/L^2 = l^2/(l + 2T/\sqrt{2})^2 = 0.49 ,$$

- d. h. weniger als die Hälfte der Sensorfläche, für die eigentliche Siliziummem-
- 15 bran 6 zur Verfügung. Dieser Nachteil nach herkömmlichen Verfahren hergestellter Mikrosensoren ist in Fig. 1 illustriert. Aus Fig. 1 ist ebenfalls ein weiterer Nachteil ersichtlich. Wird die Siliziummembranstruktur beispielsweise für die Bestimmung der Durchflussrate eines Fluids verwendet, so kann das möglicherweise korrosive Fluid die elektronischen Funktionseinheiten 3 und
- 20 elektrischen Verbindungsmittel 8 auf der Siliziummembraninnenseite 2 angreifen und den Sensor zerstören. Lässt man das Fluid über die Aussenseite 4 strömen, um diesem Nachteil auszuweichen, so taucht ein neues Problem auf: Die Ätzgrube 5 auf der Aussenseite 3 stört die Fluidströmung und führt zu Wirbelbildungen, welche die Sensorfunktion stark beeinträchtigen können.

25

- Das erfindungsgemässe Verfahren beseitigt die oben geschilderten Nachteile. Die Figuren 2-8 zeigen jeweils im Querschnitt die Herstellung eines erfindungsgemässen Mikrosensors in einer bevorzugten Variante des erfindungsgemässen Verfahrens. In diesem Beispiel besteht das Verfahren aus sieben
- 30 Schritten. Davon sind bloss die ersten drei Schritte für das erfindungsgemässe

Verfahren notwendig; die anderen Verfahrensschritte sind fakultativ. Im hier abgehandelten Beispiel wird die Herstellung zweier identischer Sensoren dargestellt. Mit modernen, aus der Mikroelektronik bekannten Integrationsverfahren ist es jedoch möglich, viele Sensoren gleichzeitig herzustellen; typische Längenmasse L von Mikrosensoren liegen heute im Millimeterbereich und könnten in Zukunft noch reduziert werden.

Als Ausgangsmaterial für die Sensormembranen wird eine einkristalline Siliziumscheibe 1 verwendet. In einem ersten Verfahrensschritt werden in deren eine Seite 2, im folgenden "Innenseite" genannt, die für Speisung, Wandlung, Signalverarbeitung und Ausgabe benötigten elektronischen Funktionseinheiten 3 integriert; dies geschieht durch in der Mikroelektronik übliche Prozesse wie Epitaxie, Oxidation, Photolithographie, Diffusion, Ionenimplantation, Metallisierung etc. Die Innenseite 2 ist diejenige Seite, welche bei der späteren Verwendung des Mikrosensors vor eventuell korrosiven Fluiden geschützt werden soll. **Figur 2** zeigt eine beispielsweise Ausführungsform der Siliziumscheibe 1 oder eines Teils davon nach dem ersten Verfahrensschritt. Die elektronischen Funktionseinheiten 3 sind beispielweise Diffusionsschichten 3.1, Metallschichten 3.2, Oxidschichten 3.3, Siliziumnitridschichten 3.4 etc.; sie sind in allen Figuren aus didaktischen Gründen im Verhältnis zur Siliziummembran übertrieben dick gezeichnet. Die Siliziumscheibe 1 kann in diesem Verfahrensschritt zusätzlich noch auf andere Weise für eine spezielle Sensorfunktion vorkonditioniert werden. Wenn erwünscht, werden in diesem Verfahrensschritt beispielsweise zusätzliche spezielle Materialien, welche die eigentliche Wandlerfunktion ausüben oder verstärken, auf die Innenseite 2 aufgebracht.

In einem zweiten Verfahrensschritt (welcher vom ersten zeitlich unabhängig ist), werden Abstandshalter 10 auf einer Seite 13 eines Substrates und/oder der Innenseite 2 der Siliziumscheibe 1 angebracht oder aus Substrat 11 und/-

oder Siliziummembran 6 herausgeformt. Diese gewährleisten erstens, dass die Siliziumscheibe 1 ein Substrat 11 an vorgesehenen Stellen nicht berührt, und stellen zweitens Kontaktflächen für das Aneinanderfügen von Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 zur Verfügung. Die Abstandshalter 10 können beispielsweise, wie in Fig. 3 dargestellt, aus dem Substrat 11 herausgeformt werden, indem eine Seite 12 des Substrates mit Vertiefungen 13 der Tiefe d (von typischerweise einigen bis einigen Hundert Mikrometern) versehen wird. Die Vertiefungen 13 werden nach dem Aneinanderfügen von Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 (dritter Verfahrensschritt) Hohlräume zwischen Siliziummembran und Substrat bilden. Gleichzeitig mit den Vertiefungen 13 können auch durchgehende Löcher 14 im Substrat 11 angebracht werden. Diese dienen beispielsweise der Aufnahme von elektrischen Verbindungsmitteln. Lage und Grösse der Vertiefungen 13 und Löcher 14 auf dem Substrat 11 müssen auf die elektronischen Funktionseinheiten 3 auf der Siliziumscheibe 1 abgestimmt sein.

Das Substrat 11 kann bevorzugt aus Glas oder auch aus Keramik, Silizium oder einem anderen Material bestehen. Glas als Substratmaterial hat den Vorteil, dass es ein guter thermischer und elektrischer Isolator ist, was sich vor allem bei thermischen Sensoren positiv auswirkt. Die Vertiefungen 13 und Löcher 14 werden durch chemische oder mechanische Abtragsverfahren wie beispielsweise isotropes Ätzen mit Flusssäure (HF, BHF) oder Bohren im Substrat angebracht. Es ist möglich, mit diesen Bearbeitungsverfahren in geeigneten Materialien annähernd senkrechte Wände zu erhalten und praktisch die ganze Sensorfläche optimal auszunützen. Dadurch, dass das Substrat 11 nur lokal Löcher 14 aufweist und nicht das gesamte Material unterhalb der Siliziumscheibe 1 entfernt wird, erhält das Substrat eine erhöhte mechanische Festigkeit und wird somit weniger anfällig auf parasitäre mechanische Spannungen, die beispielsweise beim Kleben im sechsten Verfahrensschritt auftreten - ein Problem, das besonders bei Drucksensoren von Bedeutung ist.

In einem dritten Verfahrensschritt werden die Siliziumscheibe 1 und das Substrat 11 aneinandergefügt und -fixiert, d. h. miteinander verbunden, so dass die Abstandshalter 10 zwischen der Siliziumscheibe und dem Substrat liegen und zwischen der Siliziumscheibe dem Substrat Hohlräume 13 der Dicke d entstehen. Entscheidend ist, dass dabei die zu schützende Innenseite 2 der Siliziumscheibe 1 dem Substrat zugewandt ist, wie in Fig. 4 dargestellt; dadurch wird der Schutz der elektronischen Funktionseinheiten 3 vor einem eventuell korrosiven Fluid erzielt. Es muss darauf geachtet werden, dass Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 in der vorgesehenen Art und Weise bezüglich Verschiebung und Drehung aufeinander positioniert sind; dies kann beispielsweise mit einem Waferstepper mit einer Genauigkeit in der Grössenordnung von Mikrometern oder besser bewerkstelligt werden. In der in Fig. 4 dargestellten beispielsweise Ausführungsform des Sensors haften Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 nur am Rand eines jeden Sensors aneinander. Die restlichen Teile der Siliziumscheibe 1 hängen über den Hohlräumen 13.

Eine stabile, permanente Haftung zwischen der Siliziumscheibe 1 und einem Substrat 11 aus Glas wird beispielsweise durch die bekannte Technik des "anodischen Bondens" erreicht. Besteht das Substrat 11 aus Silizium, so kann die bekannte Technik des "Silicon Fusion Bonding" zur Fixierung angewandt werden. Eine andere Möglichkeit, Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 aneinander zu fixieren, besteht in der Anwendung von Lötverfahren. Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 können wahlweise in Luft, einer anderen Atmosphäre oder im Vakuum aneinandergefügt werden; das entsprechende Gas bzw. Vakuum wird in den Hohlräumen 13 zwischen Siliziumscheibe und Substrat bleiben, falls die Hohlräume abgeschlossen sind.

Eine interessante Möglichkeit, die mechanische Spannung der (im fünften Verfahrensschritt gebildeten) Siliziummembran 6 zu beeinflussen, besteht darin, dass man ein Glassubstrat 11 mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten verwendet, der sich von demjenigen von Silizium unterscheidet. Da
5 der anodische Bondprozess frei von mechanischen Spannungen bei einer Temperatur von ca. 300 °C stattfindet, entsteht im abgekühlten Zustand eine mechanische Spannung, welche genutzt werden kann, um beispielsweise ursprüngliche mechanische Spannungen in der Siliziumscheibe 1 bzw. in der späteren Siliziummembran 6 zu kompensieren.

10

In einem vierten Verfahrensschritt wird die Dicke der gesamten Siliziumscheibe 1 von der Aussenseite 4 her bis auf eine gewünschte Dicke t (von typischerweise einigen bis einigen Zehn Mikrometern) reduziert, wie in Fig. 5
15 dargestellt. So wird aus der Siliziumscheibe 1 eine dünne Siliziummembran 6, deren prozessierte Innenseite 2 dem Substrat 11 zugewandt ist. (Die elektronischen Funktionseinheiten 3 und die Siliziummembran 6 sind aus didaktischen Gründen im Verhältnis zu den anderen Elementen übertrieben dick gezeichnet.) Die Siliziummembran 6 ist teilweise auf den Abstandshaltern 10 abge-
20 stützt und befestigt. Falls die Hohlräume 13 zwischen Siliziummembran 6 und Substrat 11 dünn genug sind, dienen sie zusätzlich als Stopper und können das Brechen der Siliziummembran bei zu hohem Überdruck auf der Aussenseite 4 verhindern.

25

Zur Reduktion der Dicke der Siliziumscheibe 1 werden bevorzugt Ätzverfahren, beispielsweise anisotropes Ätzen in Kaliumhydroxid (KOH), in Äthylendiamin-Pyrocatechol (EDP) oder Plasmaätzen, herangezogen. In diesem Fall kann die Siliziummembrandicke t durch bekannte Ätzstoppverfahren, für
30 KOH beispielsweise das elektrochemische Ätzstoppverfahren, kontrolliert werden. Eine andere Möglichkeit zur Dickenreduktion bieten mechanische

Verfahren, beispielsweise Schleifen oder Polieren. Auf die Dickenreduktion, d. h. auf den vierten Verfahrensschritt, kann verzichtet werden, wenn von Anfang an eine genügend dünne Siliziumscheibe 1 verwendet wird. In diesem Fall können elektronische Funktionseinheiten 3 auf beide Seiten 2, 4 der
5 Siliziumscheibe 1 aufgebracht werden.

Die einzelnen selbständigen Einheiten 15, bestehend aus mindestens einer prozessierten Siliziummembran 6 und einem Substrat 11, welche haftend über
10 Abstandshalter 10 aneinandergesetzt sind, werden im folgenden "Sensor-Zwischenprodukte" genannt. In einem fünften Verfahrensschritt werden die einzelnen Sensor-Zwischenprodukte 15 voneinander und von eventuellen Reststücken 16 getrennt. **Figur 6** zeigt zwei getrennte Sensor-Zwischenprodukte 15. Das Trennen wird beispielsweise mit speziellen Sägen oder durch Brechen
15 bewerkstelligt.

In einem sechsten Verfahrensschritt werden die einzelnen Sensor-Zwischenprodukte 15 in festen Baugruppen 7 untergebracht. Diese Baugruppen 7 verleihen den Sensoren mechanische Stabilität und schützen sie vor unerwünschten Umwelteinflüssen; gleichzeitig müssen sie aber gewährleisten, dass das zu messende Eingangssignal den Sensorwandler auch wirklich erreicht. Die festen Baugruppen können beispielsweise Keramiksubstrate sein, auf welche die Sensor-Zwischenprodukte 15 aufgeklebt werden. In **Figur 7** ist nur
20 noch ein aufgeklebtes Sensor-Zwischenprodukt 15 dargestellt; mit allen anderen Sensor-Zwischenprodukten wird gleich verfahren.

In einem siebten, letzten Verfahrensschritt werden die Siliziummembranen 6
30 elektrisch kontaktiert und mit elektrischen Verbindungsmitteln 8 versehen. Dies geschieht beispielsweise, indem im ersten Verfahrensschritt hergestellte

elektrische Kontakte 17 auf den Siliziummembraninnenseiten 2 durch die bekannte Technik des "Wire Bonding" mit den festen Baugruppen 7 verbunden werden. Figur 8 zeigt einen fertigen, nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Sensor. Elektrische Verbindungsmittel 8, beispielsweise Kontakt-drähte, können durch die Löcher 14 im Substrat 11 und durch Löcher 18 in der festen Baugruppe 7 von der Siliziummembraninnenseite 2 nach aussen verlaufen. Schon beim Entwurf der Masken für Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 muss selbstverständlich darauf geachtet werden, dass die Lagen der Kontaktstellen 17 und der Löcher 14 aufeinander abgestimmt sind, so dass diese übereinander zu liegen kommen.

Als Beispiel für die Verwendung eines erfindungsgemässen Mikrosensors zeigt Fig. 9 einen piezoresistiven Drucksensor. In der Nähe der Abstandshalter 10 sind piezoresistive Dehnungsmessstreifen 3.1, 3.1' in die Siliziummembran 6 integriert; die Siliziummembran 6 kann beispielsweise aus n-leitendem Silizium und die Dehnungsmessstreifen 3.1, 3.1' aus p-leitendem Silizium bestehen. Durch einen äusseren Druck p erfährt die Siliziummembran 6 die schematisch dargestellte Verformung, welche zu einer Längenänderung der Dehnungsmessstreifen 3.1, 3.1' führt. Diese Längenänderung wird mittels des piezoresistiven Effektes in ein elektrisches Ausgangssignal umgewandelt, welches ein Mass für den Druck p ist. Das Ausgangssignal wird mit elektrischen Verbindungsmitteln 8 durch ein durchgehendes Loch 14 nach aussen geleitet. Elektrische Verbindungsmittel 8 und durchgehendes Loch 14 sind nur für einen Dehnungsmessstreifen 3.1 eingezeichnet; für den anderen Dehnungsmessstreifen 3.1' können sie in einer anderen Schnittebene liegen. Selbstverständlich können mehr als zwei Dehnungsmessstreifen auf der Siliziummembran 6 integriert werden.

Im folgenden werden anhand der Figuren 10-13 einige Varianten des erfindungsgemässen Verfahrens gezeigt. Dabei sind jeweils nur die Sensor-Zwischenprodukte 15 nach dem fünften Verfahrensschritt gezeichnet; auf die festen Baugruppen 7 und die elektrischen Verbindungsmittel 8 wird in diesen
5 Figuren verzichtet.

In den bisher diskutierten Beispielen wurden die Abstandshalter 10 entlang der Ränder 19 der Sensoren hergestellt. **Figur 10** zeigt dagegen ein Sensor-
10 Zwischenprodukt 15 mit einem zusätzlichen Abstandshalter 10', welcher sich im Innern des Sensors, d. h. nicht an einem Sensorrand 19, befindet. Dieser Abstandshalter 10' stützt die Siliziummembran 6 und verleiht ihr zusätzliche mechanische Festigkeit, welche zum Beispiel in der Nähe der elektrischen Kontakte 17 erwünscht sein könnte. Alle Abstandshalter 10, 10' können bei-
15 spielsweise im zweiten Verfahrensschritt durch geeignete Strukturierung des Substrates 11 hergestellt werden. Sie können als in zwei Dimensionen ausgedehnte "Blöcke", als in einer Dimension ausgedehnte "Wände" oder als dünne "Säulen" ausgebildet sein.

20 In Fig. 11 gezeichnete Abstandshalter 10, 10' haben die gleiche Funktion wie die Abstandshalter in Fig. 9. Die Abstandshalter 10, 10' in Fig. 10 wurden aber gleichzeitig mit dem ersten Verfahrensschritt durch Aufbringen und Strukturieren einer zusätzlichen Schicht auf die Innenseite 2 der Siliziumscheibe 1 hergestellt. Diese zusätzliche Schicht kann beispielsweise aus einem
25 Oxid, einem Metall oder aus poly- oder monokristallinem Silizium bestehen. Auf diese Weise hergestellte Abstandshalter 10, 10' können auch auf das Substrat 11 statt auf die Siliziumscheibe 1 aufgebracht werden. In einer weiteren Variante des erfindungsgemässen Verfahrens können Abstandshalter 10, 10'
30 sowohl auf die Siliziumscheibe 1 als auch auf das Substrat 11 aufgebracht werden. Die Herstellung von Abstandshaltern 10, 10' aus einer zusätzlichen

Schicht hat den Vorteil, dass sie das Herstellen von Vertiefungen 13 im Substrat 11 erspart.

5 Für bestimmte Verwendungen von Mikrosensoren ist das Messen von Änderungen Δd des Abstandes d zwischen Siliziummembran 6 und Substrat 11 erwünscht. Zu diesem Zweck werden im erfindungsgemässen Verfahren vor dem dritten Verfahrensschritt Mittel zur Abstandsmessung auf die Siliziumscheibe 1 und/oder das Substrat 11 angebracht. Als Beispiel zeigt Fig. 12 eine
10 Anordnung zur kapazitiven Messung von Abstandsänderungen Δd . Die Mittel zur Messung von Abstandsänderungen Δd sind Elektroden 20 auf dem Substrat 11 und Gegenelektroden 20' auf der Siliziummembran 6. Die Elektroden 20 von beliebiger Form werden auf die ebene Substratoberfläche 12 aufgebracht und werden ausserhalb der Siliziummembran 6 elektrisch kontaktiert.
15 Die Gegenelektroden 20' werden im ersten Verfahrensschritt hergestellt. Der in Fig. 12 dargestellte Mikrosensor kann beispielsweise als kapazitiver Drucksensor zur Messung von Änderungen Δp des Druckes p oder als Kondensatormikrofon verwendet werden. Durch geeignete Wahl der Elektrodenform können die Abstandsänderungen $\Delta d(\Delta p)$ linearisiert werden. In Fig. 12 sind als
20 Beispiel zwei Löcher 14, 14' im Substrat 11 angebracht; die Löcher ermöglichen das Ausströmen der Luft aus dem Hohlraum 13 und erhöhen die Nachgiebigkeit der Siliziummembran 6 und verkürzen die Reaktionszeit des Drucksensors.

25 Eine andere (zeichnerisch nicht dargestellte) Möglichkeit zur Messung von Abstandsänderungen Δd bietet der Tunneleffekt. Um diese Möglichkeit zu realisieren, wird im ersten und/oder zweiten Verfahrensschritt auf der mit den elektronischen Funktionseinheiten 3 versehenen Seite 2 der Siliziumscheibe 1 und/oder auf einer Seite 12 des Substrates 11 mindestens eine ultrafeine Spitze hergestellt. Im Betrieb wird eine elektrische Spannung zwischen der
30

Spitze und dem gegenüberliegenden Teil (Siliziummembran 6 bzw. Substrat 11) angelegt. Der übertretende Tunnelstrom ist ein Mass für den Abstand zwischen Spitze und dem gegenüberliegenden Teil 6 bzw. 11.

5

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 13 besteht das Substrat 11 nur aus Abstandshaltern 10 in Form von Wänden entlang den Sensorrändern 19. Das durchgehende Loch 14 im Substrat 11 ist also grossflächig und befindet sich nicht nur unter den elektrischen Kontakten 17 der Siliziummembraninnenseite 2, sondern unter der ganzen Siliziummembran 6. Man kann diese Ausführungsform auch als Grenzfall von Fig. 6 betrachten, in welchem die Tiefe d der Vertiefung 13 gleich der Substratdicke T ist. Die Massnahmen für diese Variante werden im zweiten Verfahrensschritt getroffen.

15

Die Figuren 14 und 15 zeigen schliesslich als weiteres Beispiel einen erfindungsgemässen Mikrosensor, welcher als Durchflussensor verwendet wird.

20 **Figur 14** zeigt die Innenseite 2 der Siliziummembran 6 des Durchflussensors. Die Siliziummembran 6, beispielsweise aus n-leitendem Silizium, enthält im wesentlichen drei Elemente: zwei Heizwiderstände 21, 21' und eine Thermosäule 22. Die Heizwiderstände 21 bestehen beispielsweise aus p-leitendem Silizium, die Thermosäule 22 beispielsweise aus Streifen aus p-leitendem
25 Silizium 3.1 und Aluminium 3.2. Zum Kontaktieren dieser Elemente dienen Kontaktflächen 23 aus Aluminium. Im Sensorbetrieb soll das zu messende Fluid in der durch die Pfeile 24 angegebenen Richtung über die (nicht gezeigte) Siliziummembranausenseite strömen; die Siliziummembran soll dünn sein, um eine optimale Wärmeübertragung zwischen Fluid und Siliziummembran-
30 innenseite 2 zu gewährleisten.

Der Sensor funktioniert wie folgt: Die Heizwiderstände 21, 21' werden mit gleichen Heizströmen beheizt und das Ausgangssignal der Thermosäule 22 ausgelesen. Ist der Durchfluss 24 gleich Null, so ist auch die von der Thermosäule 22 gemessene Temperaturdifferenz gleich Null. Fliesst ein Fluid über
5 die Siliziummembranaussenseite, so wird auf seinem Weg zwischen den Heizwiderständen 21 und 21' ein Teil der Wärme von der Siliziummembran 6 auf das Fluid übertragen. Dadurch entsteht eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Heizwiderständen 21, 21', welche mittels des thermoelektrischen Effektes von der Thermosäule 22 gemessen wird. Der Betrag dieser Tempera-
10 turdifferenz ist ein Mass für die Durchflussrate 24, ihr Vorzeichen gibt die Durchflussrichtung an.

Figur 15 zeigt die perspektivische, teilweise offengelegte Ansicht des erfindungsgemässen Durchflusssensors. Er ist in einem Strömungskanal 25 eingebaut und misst beispielsweise die Durchflussrate eines Fluids durch den Kanal, dargestellt durch die Pfeile 24. Zwei Vorteile des erfindungsgemässen Durchflusssensors sind aus Fig. 15 klar ersichtlich: Die Sensormembran 6 ist flächenbündig in den Strömungskanal 21 eingebaut und stört den Fluss 22 durch den Strömungskanal nicht, und gleichzeitig ist seine Elektronik auf der
20 Siliziummembraninnenseite 2 vor dem möglicherweise korrosiven Fluid geschützt.

25 Mit dem erfindungsgemässen Verfahren kann auch ein Sensor für verschiedene Grössen hergestellt werden, beispielsweise für Durchfluss und Druck. Zu diesem Zweck kann die Siliziummembran beispielsweise durch Abstandshalter 10' in mehrere Untermembranen aufgeteilt werden; jede Untermembran kann eine andere Grösse mittels eines geeigneten Wandlerprinzips messen. Auch
30 die zur Signalverarbeitung benötigte Elektronik kann auf derselben Siliziummembran 6 integriert werden.

Zusammengefasst dient das erfindungsgemässe Verfahren zur Herstellung von Mikrosensoren mit je einer Sensorfläche, die teilweise durch Aussenseiten 4 mindestens einer Siliziummembran 6 gebildet ist; die Siliziummembran 6 trägt elektronische Funktionseinheiten 3, wobei zur elektrischen Verbindung der elektronischen Funktionseinheiten 3 elektrische Verbindungsmittel 8 erstellt werden. Für jeden Mikrosensor wird eine mindestens auf einer Innenseite 2 mit elektronischen Funktionseinheiten 3 versehene Siliziumscheibe 1 mit einem Substrat 11 verbunden. Dabei ist die Innenseite 2 der Siliziumscheibe 1 gegen das Substrat 11 gewandt, und zwischen Substrat und Siliziumscheibe sind Abstandhalter 10, 10' vorgesehen derart, dass zwischen Substrat 11 und Siliziumscheibe 1 Hohlräume 13 entstehen. Die Siliziumscheibe 1 weist entweder die Dicke t einer Siliziummembran 6 auf oder ist dicker als eine Siliziummembran 6 und wird nach dem Zusammenfügen mit dem Substrat 11 auf die Siliziummembrandicke t reduziert.

15

Ein durch das erfindungsgemässe Verfahren erhältlicher Mikrosensor weist eine Sensorfläche, die teilweise durch Aussenseiten mindestens einer Siliziummembran 6 gebildet ist, und elektrische Verbindungsmittel 8 auf. Die Siliziummembran 6 weist mindestens auf ihrer Innenseite 2 elektronische Funktionseinheiten 3 auf. Die Siliziummembran 6 ist auf einem Substrat 11 aufgebracht, wobei zwischen Siliziummembran 6 und Substrat 11 Abstandhalter 10, 10' derart positioniert sind, dass sich zwischen Siliziummembran 6 und Substrat 11 Hohlräume 13 befinden.

25

Ein erfindungsgemässes Sensorzwischenprodukt weist eine auf einem Substrat 11 aufgebrachte Siliziumscheibe 1 mit elektronischen Funktionseinheiten 3 mindestens auf ihrer dem Substrat 11 zugewandten Innenseite 2 und mit Hohlräumen 13 und Abstandhaltern 10, 10' zwischen Siliziumscheibe 1 und Substrat 11 auf. Die Siliziumscheibe 1 und das Substrat 11 bilden zusammen eine Mehrzahl von Mikrosensoren ohne elektrische Verbindungsmittel 8.

30

PATENTANSPRÜCHE

- 5
1. Verfahren zur Herstellung von Mikrosensoren mit je einer Sensorfläche, die teilweise durch Aussenseiten (4) mindestens einer Siliziummembran (6) gebildet ist, welche Siliziummembran (6) elektronische Funktionseinheiten (3) trägt, wobei zur elektrischen Verbindung der elektronischen
- 10 Funktionseinheiten (3) elektrische Verbindungsmittel (8) erstellt werden, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Mikrosensor eine mindestens auf einer Innenseite (2) mit elektronischen Funktionseinheiten (3) versehene Siliziumscheibe (1) mit einem Substrat (11) verbunden wird, wobei die Innenseite (2) der Siliziumscheibe (1) gegen das Substrat (11) gewandt ist
- 15 und zwischen Substrat und Siliziumscheibe Abstandshalter (10, 10') vorgesehen sind derart, dass zwischen Substrat (11) und Siliziumscheibe (1) Hohlräume (13) entstehen, und wobei die Siliziumscheibe (1) entweder die Dicke (t) einer Siliziummembran (6) aufweist oder dicker ist als eine Siliziummembran (6) und nach dem Zusammenfügen mit dem Substrat
- 20 (11) auf die Siliziummembrandicke (t) reduziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Siliziumscheibe (1) für eine spezielle Sensorfunktion vorkonditioniert wird.
- 25
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandshalter (10, 10') mit Hilfe von chemischen oder mechanischen Abtragungsverfahren aus dem Substrat (11) und/oder der Siliziumscheibe
- 30 (1) herausgeformt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandshalter (10, 10') durch Aufbringen und Strukturieren mindestens einer zusätzlichen Schicht auf dem Substrat (11) und/oder auf der Siliziumscheibe (1) angebracht werden.
- 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Siliziumscheibe (1) und das Substrat (11) durch anodisches Bonden miteinander verbunden werden.
- 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Siliziumscheibe (1) und das Substrat (11) durch ein Lötverfahren miteinander verbunden werden.
- 15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke der Siliziumscheibe (1) durch ein Ätzverfahren reduziert wird, wobei die Dicke (t) der Siliziummembran (6) durch ein Ätzstoppverfahren kontrolliert wird.
- 20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke der Siliziumscheibe (1) durch ein mechanisches Verfahren reduziert wird.
- 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrosensor in einer festen Baugruppe (7) untergebracht wird.
- 30

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als feste Baugruppe (7) ein Keramiksubstrat verwendet wird und der Mikrosensor auf dieses aufgeklebt wird.
- 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrischen Verbindungsmittel (8) mittels "Wire Bonding" angebracht werden.
- 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11, **dadurch gekennzeichnet**, dass durchgehende Löcher (14, 14') mit Hilfe von chemischen oder mechanischen Abtragungsverfahren im Substrat (1) angebracht werden.
- 15
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl von Mikrosensoren gleichzeitig hergestellt wird, indem eine Siliziumscheibe (1) mit einer Fläche, die im wesentlichen der Summe der Sensorflächen entspricht, und ein entsprechendes Substrat (11) verwendet werden und indem die Sensoren nach dem Zusammenfügen von Siliziumscheibe (1) und Substrat (11) bzw. nach dem Reduzieren der Siliziumscheibendicke voneinander getrennt werden.
- 20
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trennen der Sensor-Zwischenprodukte (15) voneinander und von eventuellen Reststücken (16) durch Sägen erfolgt.
- 25
15. Mikrosensor, erhältlich durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1-14, mit einer Sensorfläche, die teilweise durch Aussenseiten mindestens
- 30

einer Siliziummembran (6) gebildet ist, und mit elektrischen Verbindungsmitteln (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Siliziummembran (6) mit einem Substrat (11) verbunden ist, wobei zwischen Siliziummembran (6) und Substrat (11) Abstandshalter (10, 10') derart positioniert sind, dass sich zwischen Siliziummembran (6) und Substrat (11) Hohlräume (13) befinden, und dass die Siliziummembran (6) mindestens auf ihrer dem Substrat (11) zugewandten Innenseite (2) elektronische Funktionseinheiten (3) aufweist.

10

16. Mikrosensor nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass er in einer festen Baugruppe (7) untergebracht ist.

15

17. Mikrosensor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die feste Baugruppe (7) ein Keramiksubstrat ist.

20

18. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Substrat (11) mindestens ein durchgehendes Loch (14, 14') aufweist.

25

19. Mikrosensor nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrischen Verbindungsmittel (8) durch mindestens ein durchgehendes Loch (14) im Substrat (1) geführt sind.

30

20. Mikrosensor nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine durchgehende Loch (14, 14') die ganze Fläche (12) des Substrates (11) mit Ausnahme der Abstandshalter (10, 10') einnimmt.

21. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-20, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Innenseite (2) der Membran (6) Heizelemente (21, 21') und
Temperaturmesselemente (22) aufweist.
5
22. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-20, **dadurch gekennzeichnet**,
dass er Mittel zur Messung des Abstandes zwischen der Siliziummembran
(6) und dem Substrat (11) aufweist.
10
23. Mikrosensor nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich als
Mittel zur kapazitiven Messung des Abstandes zwischen der Siliziummembran
(6) und dem Substrat (11) mindestens eine Elektrode (20) auf dem
15 Substrat (11) sowie mindestens eine Gegenelektrode (20') auf der Silizium-
scheibe (1) befinden.
24. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-23, **dadurch gekennzeichnet**,
20 dass das Substrat (11) aus Glas besteht.
25. Verwendung der Mikrosensoren nach einem der Ansprüche 15-24 zur
Messung von Gaskonzentration, Durchfluss, Viskosität, Luftfeuchtigkeit,
25 Druck oder Schalldruck.
26. Sensorzwischenprodukt des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-14,
30 **gekennzeichnet durch** eine auf einem Substrat (11) aufgebrachte Silizium-
scheibe (1) mit elektronischen Funktionseinheiten (3) mindestens auf
ihrer dem Substrat (11) zugewandten Innenseite (2) und mit Hohlräumen

(13) und Abstandshaltern (10, 10') zwischen Siliziumscheibe (1) und Substrat (11), welche Siliziumscheibe (1) und Substrat (11) zusammen eine Mehrzahl von Mikrosensoren ohne elektrische Verbindungsmittel (8) bilden.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 07. April 1997 (07.04.97) eingegangen;
ursprüngliche Ansprüche 1-26 durch geänderte Ansprüche 1-25 ersetzt (6 Seiten)]

5

1. Verfahren zur Herstellung von Mikrosensoren mit je einer Sensorfläche,
die zumindest teilweise durch eine erste Seite (4) mindestens einer Silizi-
ummembran (6) gebildet ist, welche Siliziummembran (6) elektronische
10 Funktionseinheiten (3) trägt, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine auf einer
zweiten Seite (2) mit elektronischen Funktionseinheiten (3) versehene
Siliziumscheibe (1) mit einem Substrat (11) verbunden wird, wobei die
zweite Seite (2) der Siliziumscheibe (1) gegen das Substrat (11) gewandt
ist und zwischen Substrat (11) und Siliziumscheibe (1) Abstandshalter (10,
15 10') vorgesehen sind derart, dass zwischen Substrat (11) und Silizium-
scheibe (1) mindestens eine wahlweise in die Messung involvierbare Kam-
mer (13) zur Aufnahme und Kontaktierung der elektronischen Funktions-
einheiten (3) entsteht, dass die Siliziumscheibe (1) nach dem Zusammen-
fügen mit dem Substrat (11) von der ersten Seite (4) her auf die Silizium-
membrandicke (t) reduziert wird und dass elektrische Verbindungen zu
20 den elektronischen Funktionseinheiten (3) erstellt werden, indem die
elektrischen Verbindungsmittel (8) in durchgehenden Löchern (14, 14')
im Substrat (11) angebracht und in den mindestens einen Kammer (13)
mit den elektronischen Funktionseinheiten (3) elektrisch kontaktiert wer-
25 den.

30

2. Verfahren nach Anspruch 1. **dadurch gekennzeichnet**, dass die Silizium-
scheibe (1) für eine spezielle Sensorfunktion vorkonditioniert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandshalter (10, 10') mit Hilfe von chemischen oder mechanischen Abtragungsverfahren aus dem Substrat (11) und/oder der Siliziumscheibe (1) herausgeformt werden.
- 5
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandshalter (10, 10') durch Aufbringen und Strukturieren mindestens einer zusätzlichen Schicht auf dem Substrat (11) und/oder auf der Siliziumscheibe (1) angebracht werden.
- 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Siliziumscheibe (1) und das Substrat (11) durch anodisches Bonden miteinander verbunden werden.
- 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Siliziumscheibe (1) und das Substrat (11) durch ein Lötverfahren miteinander verbunden werden.
- 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke der Siliziumscheibe (1) durch ein Ätzverfahren reduziert wird, wobei die Dicke (t) der Siliziummembran (6) durch ein Ätzstoppverfahren kontrolliert wird.
- 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke der Siliziumscheibe (1) durch ein mechanisches Verfahren reduziert wird.
- 30

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrosensor in einer festen Baugruppe (7) untergebracht wird.

5

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als feste Baugruppe (7) ein Keramiksubstrat verwendet wird und der Mikrosensor auf dieses aufgeklebt wird.

10

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrischen Verbindungsmittel (8) mittels "Wire Bonding" angebracht werden.

15

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11, **dadurch gekennzeichnet**, dass durchgehende Öffnungen (14, 14') mit Hilfe von chemischen oder mechanischen Abtragsverfahren im Substrat (1) angebracht werden.

20

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl von Mikrosensoren gleichzeitig hergestellt wird, indem eine Siliziumscheibe (1) mit einer Fläche, die im wesentlichen der Summe der Sensorflächen entspricht, und ein entsprechendes Substrat (11) verwendet werden und indem die Sensoren nach dem Reduzieren der Siliziumscheibendicke voneinander getrennt werden.

25

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trennen der Sensor-Zwischenprodukte (15) voneinander und von eventuellen Reststücken (16) durch Sägen erfolgt.

30

15. Mikrosensor, erhältlich durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1-14, mit einer Sensorfläche, die zumindest teilweise durch eine erste Seite (4) mindestens einer Siliziummembran (6) gebildet ist, und mit elektrischen Verbindungsmitteln (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Siliziummembran (6) mit einem Substrat (11) verbunden ist, wobei das Substrat (11) als Träger für die Siliziummembran (6) dient, dass die Siliziummembran (6) auf ihrer dem Substrat (11) zugewandten zweiten Seite (2) elektronische Funktionseinheiten (3) aufweist, dass zwischen Siliziummembran (6) und Substrat (11) Abstandshalter (10, 10') derart angeordnet sind, dass zwischen Siliziummembran (6) und Substrat (11) mindestens eine wahlweise in die Messung involvierbare Kammer (13) zur Aufnahme und Kontaktierung der elektronischen Funktionseinheiten (3) gebildet ist, und dass mindestens eine durchgehende Öffnung (14, 14') im Substrat (11) zur mindestens einen Kammer (13) führt, wobei die elektrischen Verbindungsmittel (8) durch die mindestens eine Öffnung (14, 14') hindurch geleitet und in der mindestens einen Kammer (13) mit den elektronischen Funktionseinheiten (3) elektrisch kontaktiert sind.
16. Mikrosensor nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Seite (4) der Siliziummembran (6) flach ist.
17. Mikrosensor nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass er in einer festen Baugruppe (7) untergebracht ist.
18. Mikrosensor nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die feste Baugruppe (7) ein Keramiksubstrat ist.

19. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-18, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das mindestens eine durchgehende Loch (14, 14') die ganze Fläche
(12) des Substrates (11) mit Ausnahme der Abstandshalter (10, 10') ein-
nimmt.
5
20. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-19, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die zweite Seite (2) der Membran (6) Heizelemente (21, 21') und
Temperaturmesselemente (22) aufweist.
10
21. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-19, **dadurch gekennzeichnet**,
dass er Mittel zur Messung des Abstandes zwischen der Siliziummembran
(6) und dem Substrat (11) aufweist.
15
22. Mikrosensor nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich als
Mittel zur kapazitiven Messung des Abstandes zwischen der Siliziummem-
bran (6) und dem Substrat (11) mindestens eine Elektrode (20) auf dem
20 Substrat (11) sowie mindestens eine Gegenelektrode (20') auf der Silizi-
umscheibe (1) befinden.
23. Mikrosensor nach einem der Ansprüche 15-22, **dadurch gekennzeichnet**,
25 dass das Substrat (11) aus Glas besteht.
24. Verwendung der Mikrosensoren nach einem der Ansprüche 15-23 zur
Messung von Gaskonzentration, Durchfluss, Viskosität, Luftfeuchtigkeit,
30 Druck oder Schalldruck.

25. Sensorzwischenprodukt des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-14,
gekennzeichnet durch eine auf einem Substrat (11) aufgebrachte Silizi-
umscheibe (1), wobei auf ihrer dem Substrat (11) zugewandten zweiten
Seite (2) elektronische Funktionseinheiten (3) angeordnet sind, durch
5 Kammern (13) und Abstandshalter (10, 10') zwischen Siliziumscheibe (1)
und Substrat (11) und durch durchgehende Öffnungen (14, 14') im Sub-
strat, welche in die Kammern (13) münden, so dass die Siliziumscheibe
(1) und das Substrat (11) zusammen eine Mehrzahl von Mikrosensoren
ohne elektrische Verbindungsmittel (8) bilden.

10

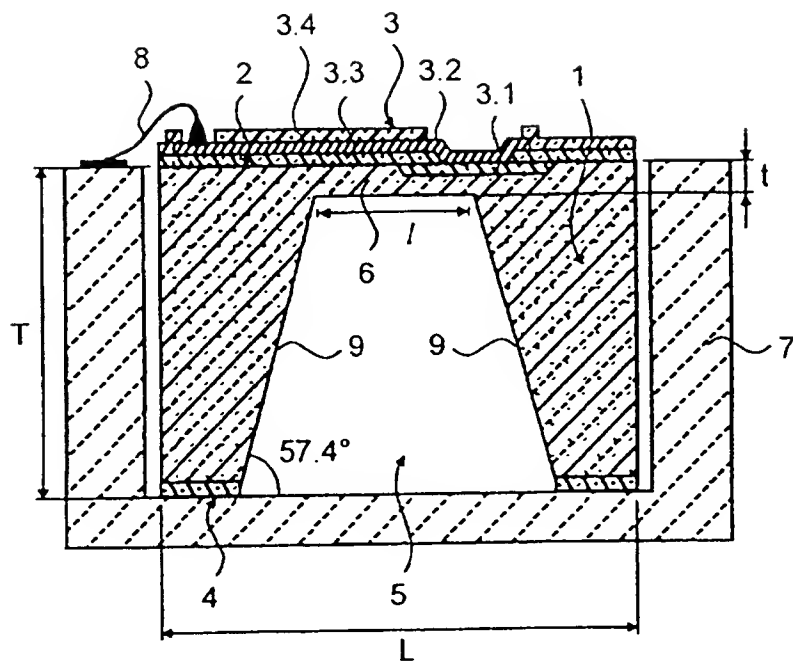


Fig. 1

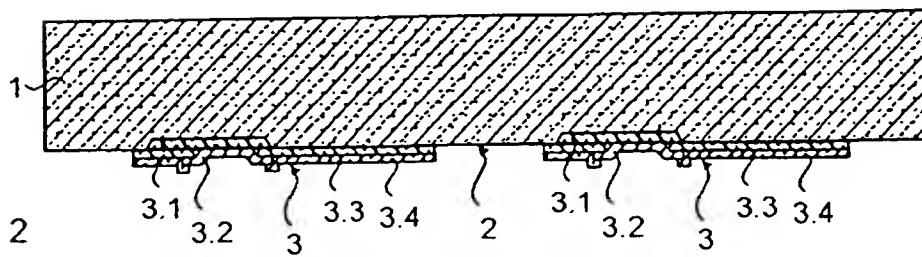


Fig. 2

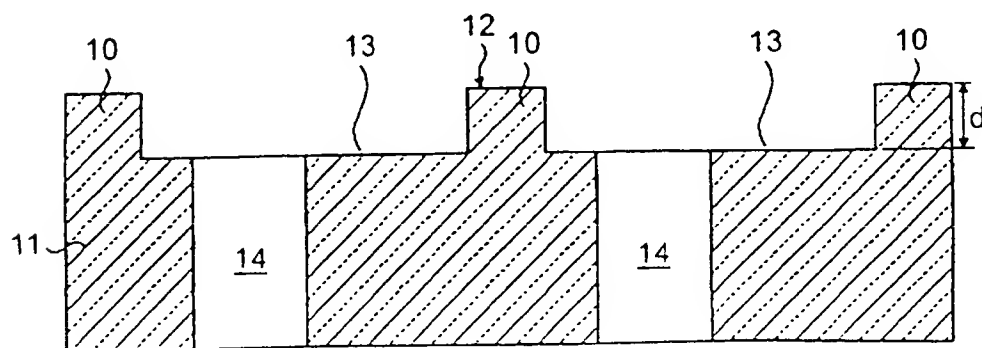


Fig. 3

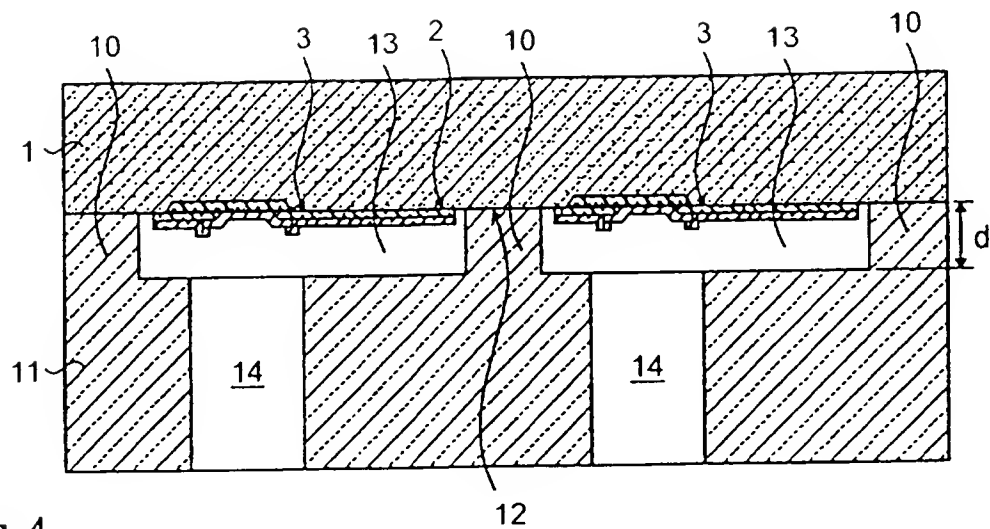


Fig. 4

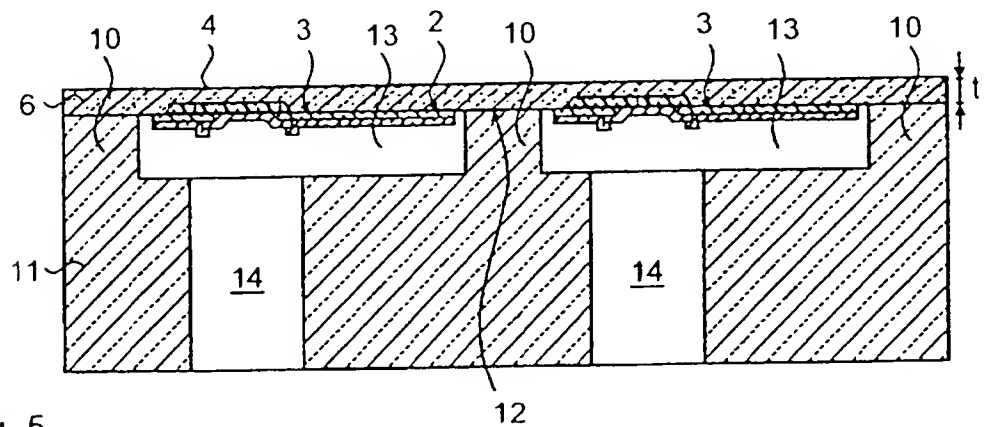


Fig. 5

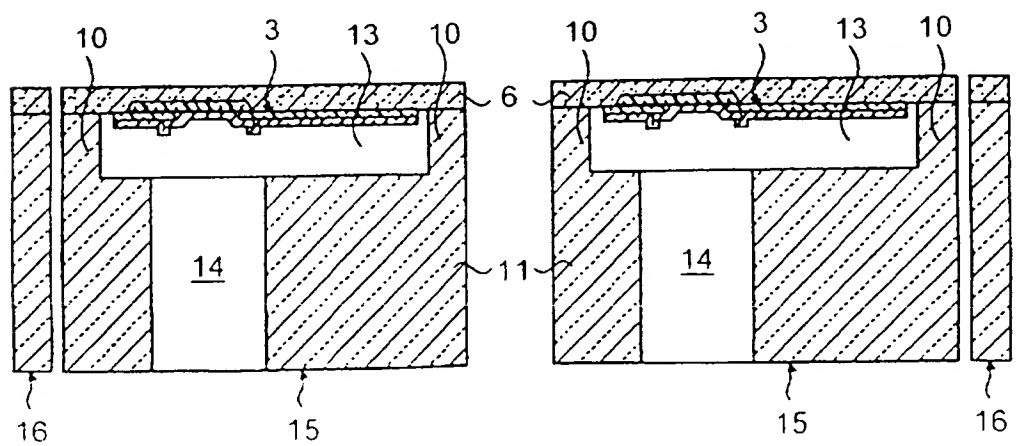


Fig. 6

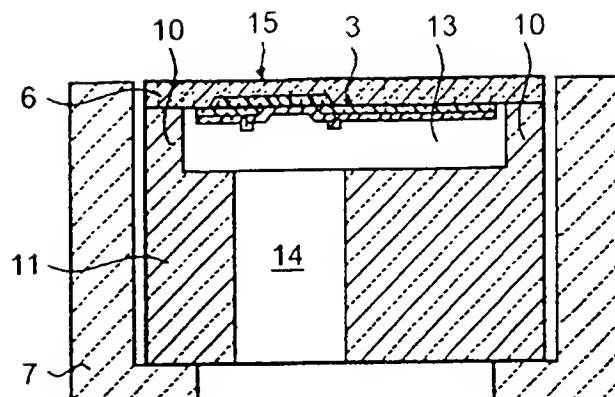


Fig. 7

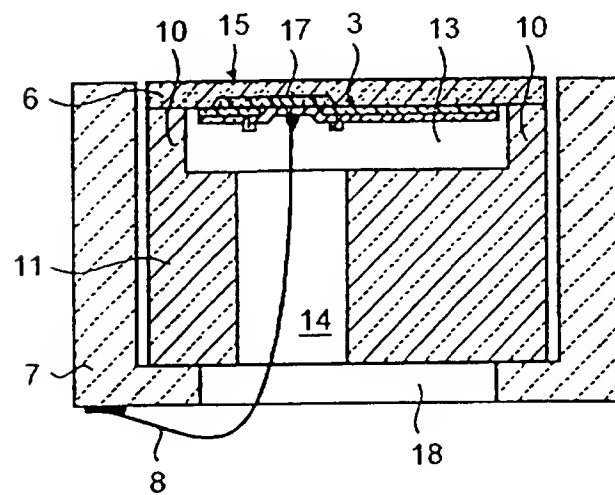


Fig. 8

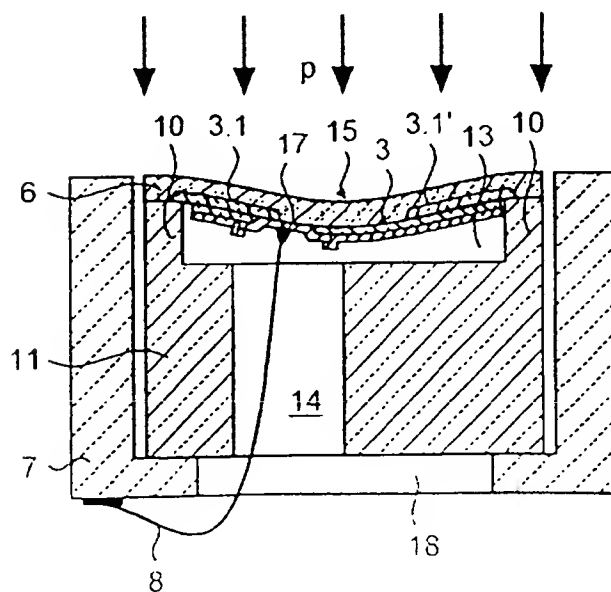


Fig. 9

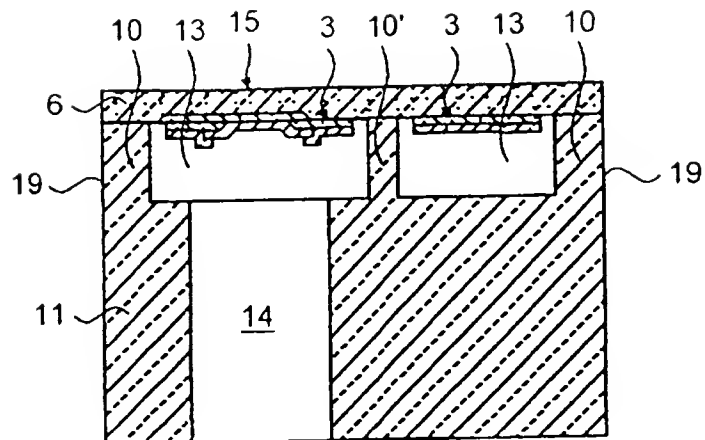


Fig. 10

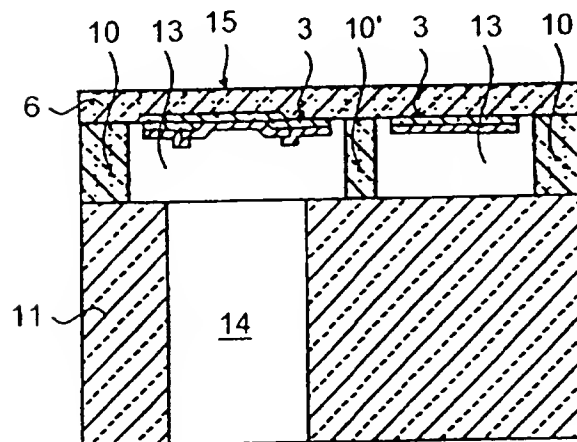


Fig. 11

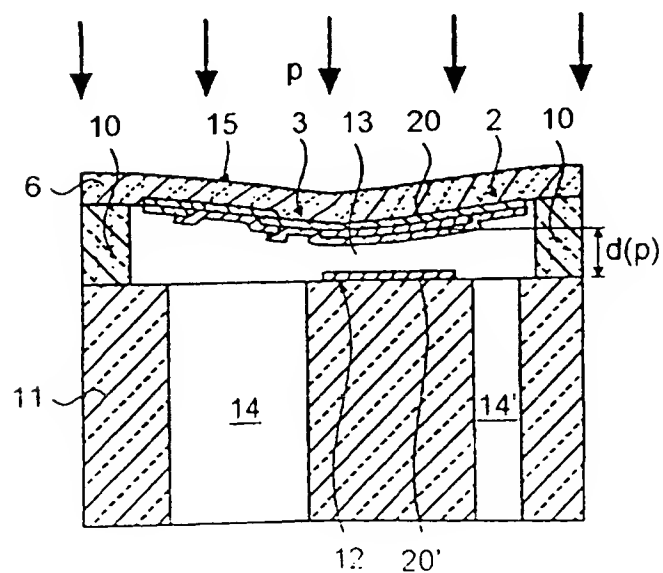


Fig. 12

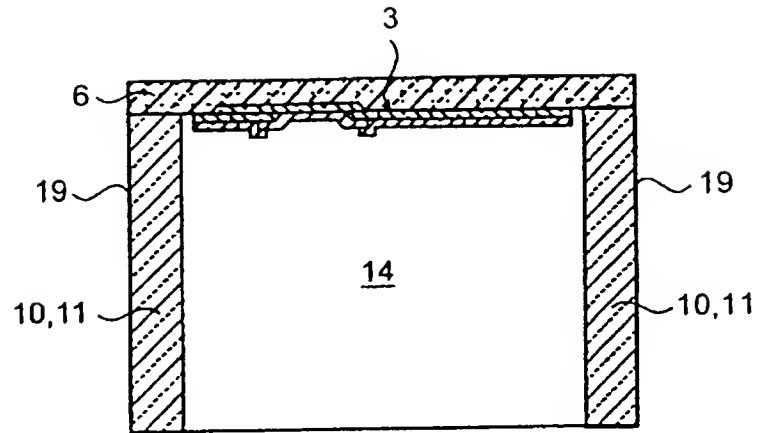


Fig. 13

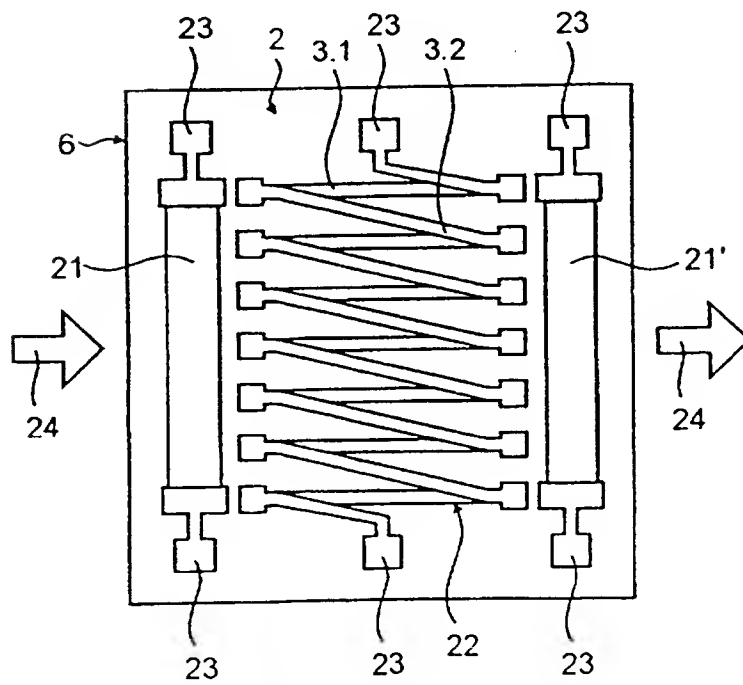


Fig. 14

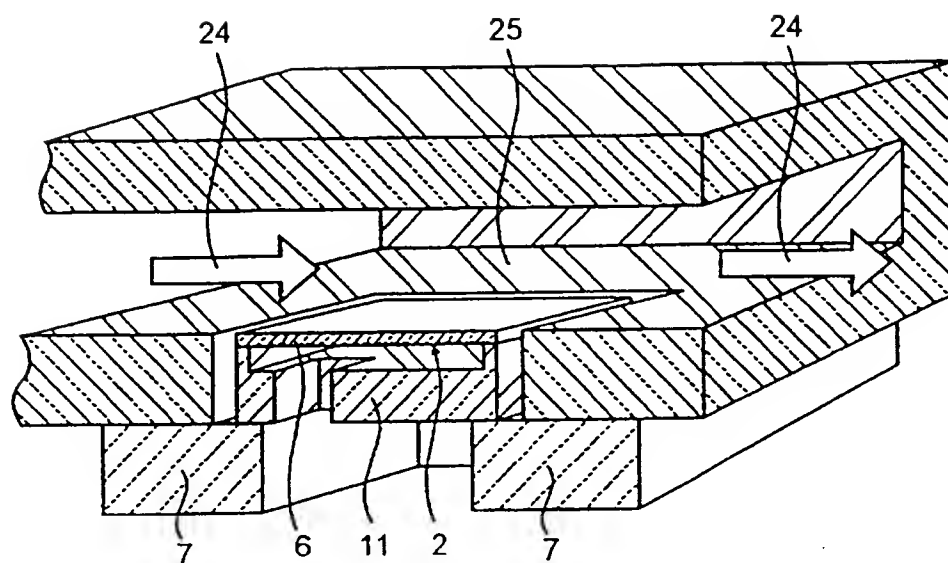


Fig. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 96/00396

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01F1/68 G01L9/06 G01L9/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01L G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|--|
| X | US,A,4 063 209 (A.D. KURTZ U.A.) 13 December 1977 | 1-3,5,7, 9,11,12, 15,16, 18-20, 24,25 6,8 |
| Y | see the whole document --- | |
| X | US,A,4 426 768 (J.F. BLACK U.A.) 24 January 1984 see the whole document --- | 1,2,4,5, 13-15, 25,26 |
| X | EP,A,0 195 985 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 1 October 1986 see the whole document --- | 1-4,15, 22-25 |
| | -/-- | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- * "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- * "E" earlier document but published on or after the international filing date
- * "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- * "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- * "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- * "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- * "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- * "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 1997

Date of mailing of the international search report

- 6. 02. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Assche, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Application No
PCT/CH 96/00396

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|--|---|
| X | US,A,4 703 658 (J. MROZACK, JR. U.A.) 3 November 1987 see the whole document --- | 1,2,5,9, 10, 15-19, 22-25 |
| X | US,A,4 872 945 (D.O. MYERS U.A.) 10 October 1989 see the whole document --- | 1-3,5,7, 12-15, 18,19, 22-25 |
| X | PROCEEDINGS IEEE MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 4 - 7 February 1992, TRAVEMÜNDE (DE), pages 43-48, XP000344124 M. ESASHI U.A.: "ANODIC BONDING FOR INTEGRATED CAPACITIVE SENSORS" see the whole document --- | 1-3,5, 12,15, 18,19, 22-25 |
| X | EP,A,0 610 806 (CSEM, CENTRE SUISSE D'ELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE S.A.) 17 August 1994 see the whole document --- | 1,2,4,5, 7,13-15, 22,23, 25,26 |
| Y | GB,A,2 025 692 (BBC BROWN BOVERI & COMPANY LIMITED) 23 January 1980 see the whole document --- | 6,8 |
| A | SENSORS AND ACTUATORS A, vol. A30, no. 1/2, January 1992, LAUSANNE CH, pages 5-26, XP000277705 B.W. VAN OUDHEUSDEN: "SILICON THERMAL FLOW SENSORS" see the whole document ----- | 21 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 96/00396

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US-A-4063209 | 13-12-77 | US-A- 4040172 | 09-08-77 |
| US-A-4426768 | 24-01-84 | US-A- 4463336 | 31-07-84 |
| EP-A-195985 | 01-10-86 | NONE | |
| US-A-4703658 | 03-11-87 | NONE | |
| US-A-4872945 | 10-10-89 | NONE | |
| EP-A-610806 | 17-08-94 | FR-A- 2701564 | 19-08-94 |
| | | FI-A- 940589 | 13-08-94 |
| | | JP-A- 6249733 | 09-09-94 |
| | | NO-A- 940472 | 15-08-94 |
| | | US-A- 5488869 | 06-02-96 |
| GB-A-2025692 | 23-01-80 | DE-A- 2830121 | 17-01-80 |
| | | JP-A- 55012800 | 29-01-80 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH 96/00396

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01F1/68 G01L9/06 G01L9/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01L G01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--|
| X | US,A,4 063 209 (A.D. KURTZ U.A.) 13.Dezember 1977 | 1-3,5,7, 9,11,12, 15,16, 18-20, 24,25 6,8 |
| Y | siehe das ganze Dokument --- | |
| X | US,A,4 426 768 (J.F. BLACK U.A.) 24.Januar 1984 | 1,2,4,5, 13-15, 25,26 |
| | siehe das ganze Dokument --- | |
| X | EP,A,0 195 985 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 1.Oktober 1986 siehe das ganze Dokument --- | 1-4,15, 22-25 |
| | --- -/- | |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

* A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

* E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

* L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

* O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

* P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

* T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

* X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

* Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* &* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17.Januar 1997

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

- 6. 02. 97

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Assche, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen

PCT/CH 96/00396

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|---|---|
| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Heur. Anspruch Nr. |
| X | US,A,4 703 658 (J. MROZACK, JR. U.A.) 3.November 1987 siehe das ganze Dokument --- | 1,2,5,9, 10, 15-19, 22-25 |
| X | US,A,4 B72 945 (D.O. MYERS U.A.) 10.Oktober 1989 siehe das ganze Dokument --- | 1-3,5,7, 12-15, 18,19, 22-25 |
| X | PROCEEDINGS IEEE MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 4. - 7.Februar 1992, TRAVEMÜNDE (DE), Seiten 43-48, XP000344124 M. ESASHI U.A.: "ANODIC BONDING FOR INTEGRATED CAPACITIVE SENSORS" siehe das ganze Dokument --- | 1-3,5, 12,15, 18,19, 22-25 |
| X | EP,A,0 610 806 (CSEM, CENTRE SUISSE D'ELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE S.A.) 17.August 1994 siehe das ganze Dokument --- | 1,2,4,5, 7,13-15, 22,23, 25,26 |
| Y | GB,A,2 025 692 (BBC BROWN BOVERI & COMPANY LIMITED) 23.Januar 1980 siehe das ganze Dokument --- | 6,8 |
| A | SENSORS AND ACTUATORS A, Bd. A30, Nr. 1/2, Januar 1992, LAUSANNE CH, Seiten 5-26, XP000277705 B.W. VAN OUDHEUSDEN: "SILICON THERMAL FLOW SENSORS" siehe das ganze Dokument ----- | 21 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. Aktenzeichen

PCT/CH 96/00396

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US-A-4063209 | 13-12-77 | US-A- 4040172 | 09-08-77 |
| US-A-4426768 | 24-01-84 | US-A- 4463336 | 31-07-84 |
| EP-A-195985 | 01-10-86 | KEINE | |
| US-A-4703658 | 03-11-87 | KEINE | |
| US-A-4872945 | 10-10-89 | KEINE | |
| EP-A-610806 | 17-08-94 | FR-A- 2701564 | 19-08-94 |
| | | FI-A- 940589 | 13-08-94 |
| | | JP-A- 6249733 | 09-09-94 |
| | | NO-A- 940472 | 15-08-94 |
| | | US-A- 5488869 | 06-02-96 |
| GB-A-2025692 | 23-01-80 | DE-A- 2830121 | 17-01-80 |
| | | JP-A- 55012800 | 29-01-80 |